

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 803 587 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
29.10.1997 Patentblatt 1997/44

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: C23C 14/00, C23C 14/34,  
H01J 37/34

(21) Anmeldenummer: 97112040.7

(22) Anmeldetag: 15.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(71) Anmelder: Balzers Hochvakuum AG  
9477 Trübbach (CH)

(72) Erfinder:  
• Haag, Walter  
9472 Grabs (CH)

• Gruenfelder, Plus  
7323 Wangs (CH)

(74) Vertreter: Troesch Scheidegger Werner AG  
Patentanwälte,  
Siewerdstrasse 95,  
Postfach  
8050 Zürich (CH)

### (54) Verfahren und Vorrichtung zur Sputterbeschichtung

(57) Es wird vorgeschlagen, zwei sich gegenüberliegende Zerstäubungsflächen (3a, 3b) eines oder zweier Targets je in sich selber zu schliessen, um so

einen umlaufenden Spalt (10) und somit einen umlaufenden Plasmaentladungsraum zu bilden.

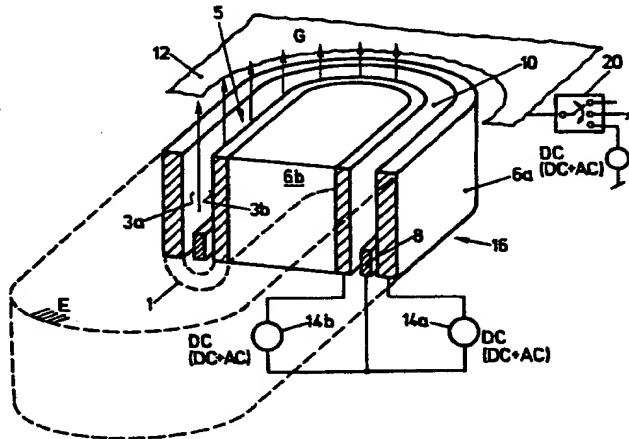


FIG.1

EP 0 803 587 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Sputterbeschichten von Werkstücken, bei dem zwei sich gegenüberliegende Zerstäubungsflächen gegeneinander zerstäubt werden und zwischen den Zerstäubungsflächen eine Gasströmung erstellt und gegen mindestens ein Werkstück gerichtet wird. Im weiteren bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Sputterbeschichtungsquelle mit zwei sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen, einer zwischen den Zerstäubungsflächen vorgesehenen Anodenanordnung und einer in einem zwischen den Zerstäubungsflächen definierten Spalt wirkenden Gasauslassanordnung, entsprechend den Oberbegriffen der Ansprüche 1 bzw. 15. Im weiteren bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Sputterbeschichtungsanlage mit einer derartigen Quelle sowie Verwendungen des erfindungsgemässen Verfahrens, der erfindungsgemässen Quelle bzw. der erfindungsgemässen Anlage.

Aus der US 4 094 764 ist es bekannt, für das Sputterbeschichten eines Werkstückes eine Gasströmung über der Zerstäubungsfläche zu realisieren, um das strömende Inert- bzw. Edel-Gas mit abgestäubtem Targetmaterial gegen das Werkstück zu treiben. Damit werde, verglichen mit herkömmlichem, kathodischen Sputtern, eine wesentlich höhere Beschichtungsrate erzielt.

Ganz ähnlich wird gemäss der DE-PS 42 10 125 vorgegangen, indem eine Gasströmung nicht über die Zerstäubungsflächen eines Flachtargets gemäss der US-A 4 094 764, sondern entlang der Innenfläche eines hohlkegelförmigen Targets - einem Hohlkathodentarget - erstellt wird und das vom Target abgestäubte Material mittels der Strömung einem Substratwerkstück zugeführt wird.

In H. Koch et al. "Hollow cathode discharge sputtering device for uniform large area thin film deposition", J. Vac. Sci. Technol. A9(4), Jul/Aug 1991, sind die Vorteile von solchen Hohlkathodensputtern erörtert, insbesondere bezüglich Ausnützung der Elektronen für die Ionisation des im Reaktionsvolumen enthaltenen Gases. Es wird deshalb dort vorgeschlagen, in einem Targetblock einen Querschlitz vorzusehen und eine Gasströmung durch diesen Schlitz gegen ein Werkstück hin gerichtet einzusetzen.

Am Schlitz liegen sich zwei Zerstäubungsflächen des Targets nahe gegenüber, was die unerwünschte Wiederbelegung anderer Anlageteile als den Targets selber minimiert.

Dies ist insbesondere von Bedeutung bei reaktivem DC Sputtern, bei dem elektrisch isolierende Reaktionsprodukte als Beschichtungsmaterial erzeugt und rückbelegt werden.

Dieses Vorgehen weist aber folgenden Nachteil auf:

Soll die Belegung der sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen mit bereits reagiertem Targetmaterial minimiert und der Elektronenstosswirkungswirkungs-

grad für die Ionisation maximiert werden, so muss die gewählte Spaltbreite und damit der Abstand zwischen den beiden Zerstäubungsflächen klein gehalten werden. Die Ausbildung des Spaltes mit nahe gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen bedingt aber entsprechend kurze Spaltbreiten- bzw. Abschluss-Flächen. Dies wiederum ist bezüglich der Elektronenstossausbeute äusserst nachteilig, indem sie in den Schlitz-Endbereichen reflektiert werden und schliesslich, ohne ihre Energie durch die Stosskaskade an die Gasteilchen vollständig abzugeben, teilweise nicht voll genutzt über die Anode abgeführt werden. Es bestehen mithin beim Einsatz einer Schlitzhohlkathode der im obgenannten Artikel dargestellten Art grundsätzlich das Problem, dass, je besser das Targetbelegungsproblem entlang den Zerstäubungsflächen gelöst wird, nämlich mit möglichst geringer Schlitzbreite, desto höher wird der Verlust an Elektronenstossausbeute in den Schlitzendbereichen. In der Regel besteht in Längsrichtung des Schlitzes eine Elektronendrift, bevorzugt gegen ein Schlitzende hin, was zu einer ungleichmässigen Plasma-Längsverteilung und somit Abstäub-Verteilung führt.

Die vorliegende Erfindung setzt sich zum Ziel, die obgenannten Probleme zu lösen. Dies wird ausgehend vom Verfahren obgenannter Art dadurch erreicht, dass die sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen je in sich geschlossen werden und die Gasströmung durch einen in sich geschlossenen Spalt, im wesentlichen quer zu Schnittebenen erzeugt wird, in denen der Spalt in sich geschlossen erscheint, womit eine geschlossene Plasmaschleife entsteht.

Dadurch, dass der Spalt in sich geschlossen ist, realisiert durch zwei sich gegenüberliegende, je in sich geschlossene Zerstäubungsflächen, beispielsweise eines Innenzylindertargets und eines Aussenzylinderhohl-targets, wird erreicht, dass in weiten Grenzen die Spaltbreite dimensioniert und insbesondere kurz ausgebildet werden kann, um insbesondere den erwähnten Rückbelegungsproblemen Rechnung zu tragen, dass aber trotzdem, dank der in sich geschlossenen Zerstäubungsflächen, auch wenn gegebenenfalls daran Ecken vorgesehen sind, wie bei Einsatz von Quadertargets, keine Spalt-Enden am umlaufenden Spalt vorliegen und damit die Elektronen, die sich entlang und innerhalb der Plasmaschleife bewegen, solange darin umlaufen können, bis sie ihre Energie durch Stösse an die Gasteilchen möglichst vollständig abgegeben haben, was zu einer effizienteren Plasma-Entladung führt. Dies ist ersichtlich aus den tieferen Entladespannungen und dem stabileren Betrieb.

Wird, wie bevorzugterweise vorgeschlagen, jede der in sich geschlossenen Zerstäubungsflächen an einem eigenen Target gebildet, so ergibt sich im weiteren eine bevorzugt stabile Anordnung. Jedes der vorgesehenen Targets kann auch mit einer separaten Generator-Anordnung gespiesen werden, um optimalen Leistungsabgleich zu erzielen, oder um mit unterschiedlichen Targetmaterialien Mischmaterialien zu

erzeugen.

Insbesondere aufgrund der hohen Plasmadichte im umlaufenden Spalt ist es möglich, das Rückbelegungsproblem der Zerstäubungsflächen, insbesondere mit elektrisch isolierenden Reaktionsprodukten, beim Reaktivzerstäuben weiter zu minimalisieren, womit sich das vorgeschlagene Vorgehen insbesondere für das Beschichten mit dielektrischen Materialien, dabei insbesondere mit Oxiden, eignet. Deshalb wird auch in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens ein Gasanteil als Reaktivgas gewählt, vorzugsweise mit  $O_2$ , wobei eine gute Gastrennung sichergestellt wird, wenn das Inertgas, z.B. Ar, in den Spalt eingelassen wird, und das Reaktivgas, vom Target entfernt, in die Kammer.

Reaktivgas wird weitaus bevorzugt nicht durch den Spalt eingelassen, sondern direkt in den Beschichtungsraum.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Beschichtung mit einem Material mit mindestens einer ferromagnetischen Komponente oder mit einem dielektrischen Material, beide Beschichtungsmaterialien bekanntlich für das auch hier bevorzugte DC Sputtern äusserst kritisch. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Beschichtung mit MgO oder ITO vorgenommen, sei dies durch reaktives Sputtern metallischer Targets oder durch gegebenenfalls zusätzlich reaktives Sputtern oxydischer Targets, also insbesondere, wie bei MgO, von Materialien, die aufgrund ihrer extrem tiefen Leitfähigkeit für DC Sputtern äusserst problematisch sind.

Mit dem erfindungsgemässen Vorgehen und aufgrund der Tatsache, dass die beiden sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen je an einem Target realisiert werden können, ergibt sich auch die Möglichkeit, für die beiden Zerstäubungsflächen unterschiedliche Materialien einzusetzen und damit komplexere Beschichtungsmaterialien insbesondere reaktiv abzulegen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird im Spalt ein Magnetfeld erzeugt, bevorzugterweise in der Art eines Magnetronfeldes, indem an mindestens einem, vorzugsweise entlang beider Zerstäubungsflächen, mindestens ein Magnetfeld mit tunnelförmigem Feldlinienverlauf erzeugt wird, wobei die Tunnelachsen entlang der in sich geschlossenen Sputterflächen verlaufen und sich vorzugsweise ebenfalls schliessen.

Wird bereits mit dem erfindungsgemässen Vorgehen eines in sich geschlossenen, umlaufenden Spaltes gegenüber Schlitztargets, wie im obgenannten Artikel erwähnt, eine wesentliche Erhöhung der Plasmadichte erzielt, so wird diese Plasmadichte mit Vorsehen der erwähnten Magnetfelder noch weiter erhöht. Dies u.a. aufgrund der zunehmend verbesserten Elektronenstossausbeute (kontinuierlich umlaufende Elektronenfallen).

Obwohl es durchaus möglich ist, das oder die Targets beim erfindungsgemässen Vorgehen mit AC zu betreiben, wird, vor allen aus Kostengründen, in einer weitaus bevorzugten Realisationsform DC eingesetzt, gegebenenfalls, wie im Pulsbetrieb, mit überlagertem

AC, um den Betrieb besonders stabil zu führen.

Eine Sputterbeschichtungsquelle zur Lösung der obgenannten Aufgabe zeichnet sich dadurch aus, dass die Zerstäubungsflächen je in sich geschlossene Flächen bilden, der Spalt ein in sich geschlossener, mindestens einseitig offener Spalt ist und die Gasauslassanordnung der Spaltöffnung gegenüberliegend vorgesehen ist.

Eine erfindungsgemässe Sputterbeschichtungsanlage weist mindestens eine Sputterbeschichtungsquelle der genannten Art auf sowie für das mindestens eine Target, vorzugsweise die mindestens zwei Targets, einen DC-Generator, gegebenenfalls eine Generatoranordnung zur Abgabe eines DC-Signals mit überlagertem AC-Signal, dabei vorzugsweise eines gepulsten DC-Signals.

Das erfindungsgemässe Verfahren, die erfindungsgemässe Quelle sowie die erfindungsgemässe Anlage eignen sich insbesondere zum Sputterbeschichten mit ferromagnetischen Materialien oder dielektrischen Materialien, dabei insbesondere für MgO- bzw. ITO-Beschichtungen bzw. für das Beschichten von Plasma Display Panels, wo grosse Flächen wirtschaftlich beschichtet werden müssen.

In diesem Fall können die Substrate z.B. über die lineare Quellenanordnung hinweggeführt werden. Es ist auch möglich, mehrere lineare Quellen in für die Verteilung geeigneten Abständen so anzuordnen, um die Gesamtbeschichtungsrate zu erhöhen oder grossflächig, statisch zu beschichten.

Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 14 spezifiziert, der erfindungsgemässen Quelle in den Ansprüchen 16 bis 23 und der erfindungsgemässen Anlage in den Ansprüchen 24 und 25.

Besonders bevorzugte Verwendungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 26 bis 28 spezifiziert.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1: Perspektivisch und schematisch einen Querschnitt durch eine erfindungsgemässe Sputterquelle, nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitend;

Fig. 2: ausgehend von der Darstellung nach Fig. 1, eine weitere Variante zur elektrischen Speisung der erwähnten Quelle;

Fig. 3: eine schematische Querschnittsdarstellung einer weiteren Zerstäubungsflächenanordnung nach dem erfindungsgemässen Verfahren bzw. an einer erfindungsgemässen Quelle bzw. Anlage;

Fig. 4 bis 8: weitere perspektivisch dargestellte Anordnungen von Zerstäubungsflä-

chen bzw. Targets bei erfindungsgemäsem Vorgehen;

- Fig. 9: schematisch eine erfindungsgemässe Sputterquelle, nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitend und an einer erfindungsgemässen Anlage eingesetzt mit grundsätzlich bevorzugt eingesetztem Magnetfeld;
- Fig. 10: ausgehend von der Darstellung nach Fig. 9 eine weitere Ausbildung des bevorzugt eingesetzten Magnetfeldes;
- Fig. 11: eine weitere Ausbildung eines bevorzugt eingesetzten Magnetfeldes;
- Fig. 12: über der pro Zerstäubungsflächeneinheit abgetragenen Leistung die DC-Plasma-Entladungsspannung (a) bei Vorgehen nach dem Stand der Technik,  
(b) bei erfindungsgemäsem Vorgehen ohne Magnetfeld,  
(c) bei erfindungsgemäsem Vorgehen mit Magnetfeld und
- Fig. 13: ein Schlitztarget bekannter Bauweise mit Definition seiner geometrischen Grössen.

Anhand von Fig. 1 soll das grundsätzliche erfindungsgemässe Vorgehen erläutert werden.

Es werden zwei in sich geschlossene Zerstäubungsflächen 3a und 3b so vorgesehen, dass sie zwischen sich einen an einer umlaufenden Öffnung 10 mindestens einseitig offenen, in sich geschlossen umlaufenden Spalt 5 definieren. Die Zerstäubungsflächen 3a bzw. 3b können dabei, wie gestrichelt bei 1 dargestellt, durch Einarbeiten des Spaltes 5 in einen einheitlichen Targetblock ausgebildet sein, bevorzugterweise sind aber die Zerstäubungsflächen 3a und 3b Zerstäubungsflächen je eines Targets, nämlich eines Aussentargets 6a und eines Rundum- bzw. im wesentlichen Stab-Targets 6b.

Am einen Endbereich des Spaltes 5 ist eine Anodenanordnung 8 vorgesehen, die, wie dargestellt, aus einer gemeinsamen Anode für beide Targets 6a bzw. 6b ausgebildet sein kann, gegebenenfalls aber auch zwei separat speisbare Anodenringe umfassen kann. Die Anode kann aber auch mit Vorteil an der Austrittsseite (10) plaziert sein und gleichzeitig die Kathode von aussen mit Dunkelraumabstand umschliessen, oder aber auch isoliert montiert sein. Sie kann auch gleichzeitig als Schlitzblende ausgebildet sein. Anoden werden bevorzugt auf Masse betrieben. Biaseinspeisung zur Steuerung der Teilchenenergie ist auch mög-

lich. Eine solche Anodenanordnung ist in Fig. 2 gestrichelt bei 8a dargestellt.

Es wird eine Gasströmung G entlang des Spaltes 5 erzeugt, und zwar im wesentlichen quer zur Schnittfläche, wie beispielsweise E, worin der Spalt 5 als geschlossen umlaufend erscheint. Mit der Gasströmung G werden Beschichtungspartikel aus dem Spalt 5 durch die Spaltöffnung 10 gegen ein oder mehrere Werkstücke 12 getragen und dort sanft abgelegt. Bei Reaktivsputtern wird ein Reaktivgas auch erst dort eingelassen.

Das eine oder, wie dargestellt, die beiden, die Zerstäubungsflächen 3a und 3b definierenden Targets 6a, 6b werden vorzugsweise je einzeln DC oder gegebenenfalls mit DC und überlagertem AC gespiesen, je von einem zugeordneten Generator 14a bzw. 14b. Alternativ werden sie gegebenenfalls, wie in Fig. 2 dargestellt, durch einen gemeinsamen Generator 14c gespiesen.

Das Werkstück 12 bzw. ein an der erfindungsgemässen Anlage hierfür vorgesehener Werkstückträger (nicht dargestellt) wird, in einer Vakuumkammer der erfindungsgemässen Sputteranlage mit der eben beschriebenen Quelle 16, potential-schwebend oder auf Bezugspotential, wie Masse, oder auf einem Biaspotential, vorzugsweise DC-Potential, oder einem DC-Potential mit überlagertem AC-Potential gehalten, wie dies schematisch in Fig. 1 mit dem Möglichkeitenschalter 20 dargestellt ist.

In Fig. 3 ist in Querschnittsdarstellung schematisch eine weitere Anordnung der Zerstäubungsflächen 3a bzw. 3b gemäss Fig. 1 dargestellt. Hierbei verjüngt sich der Spalt 5' gegen die Gasaustrittsöffnung 10 hin, womit druckstufenähnlich eine beschleunigte Gasströmung G gegen das Werkstück 12 erzielt wird. Wie gestrichelt in Fig. 3 weiter dargestellt, lässt sich das anhand von Fig. 1 dargestellte, der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Prinzip insofern erweitern, als auch der Innenraum 22 gegebenenfalls mit einer zusätzlichen Zerstäubungsfläche 3c beschichtungswirksam - als Hohlkathode - ausgenützt werden kann und/oder durch Vorsehen weiterer Zerstäubungsflächen 3d und entsprechend zusätzlich umlaufender Spalten 10a eine zunehmend komplexere erfindungsgemässe Quelle platzsparend realisiert werden kann.

Ohne in den Fig. 4 bis 8 weitere Details, ausser der Anordnung der Zerstäubungsflächen und, entsprechend, der Ausbildung des einen oder der zwei in Minimalanordnung vorgesehenen Targets darzustellen, zeigen diese Figuren verschiedene Ausformungsvarianten des umlaufenden Spaltes 10 und damit der diesen definierenden, ebenfalls umlaufenden Zerstäubungsflächen 3a bzw. 3b.

In Fig. 4 ist der umlaufende Spalt 10 in Aufsicht rechteckig rahmenförmig, gemäss Fig. 5 kreisringförmig oder elliptisch, wobei die den Spalt definierenden Zerstäubungsflächen in den Fig. 4 und 5 parallel zu einer Zentrumsachse A und äquidistant sind. Es spannen die Zerstäubungsflächen gemäss den Fig. 4 bzw. 5 nämlich Quaderflächen bzw. Zylinderflächen oder zylind-

derähnliche Flächen 3a, 3b auf.

Bei der Anordnung gemäss Fig. 6 spannen die Sputterflächen 3a, 3b Pyramidenstumpf-Flächen auf, gemäss Fig. 7 im wesentlichen kreiskegel- oder ellipsoidkegelförmige Flächen auf.

Gemäss den Fig. 6, 7 und 8 reduziert sich, trotz äquidistanten Zerstäubungsflächen, der Gasströmungsquerschnitt des Spaltes gegen die Öffnung 10 hin, noch ausgeprägter bei Ausbildung nach Fig. 3. Damit ergibt sich einerseits ein zunehmend intensiver Kontakt Gasströmung mit den Zerstäubungsflächen sowie eine Gasströmungs-Beschleunigung hin gegen das Werkstück. Dieser Effekt kann - wie erwähnt wird mit Blick auf Fig. 3 - bei allen Ausführungsformen gemäss den Figuren 4 bis 8 dadurch erhöht werden, dass die Zerstäubungsflächen nicht äquidistant angeordnet werden, sondern sich gegen die Auslassöffnung 10 hin, vorzugsweise stetig, nähernd. Bei der Ausführungsform gemäss Fig. 8, die von derjenigen von Fig. 7 ausgeht, ist als Beispiel dargestellt, wie bei allen Ausführungsvarianten eine ausgeprägte Druckstufe zwischen Spalt 5 und Werkstückbeschichtungsraum B realisiert werden kann, mit entsprechender Erhöhung der Gasausströmungs-Geschwindigkeit hin zu dem in Fig. 3 dargestellten Werkstück 12.

Anhand der Fig. 1 bis 8 ist dem Fachmann zweifelsohne klar, wie prinzipiell und erfindungsgemäss die Zerstäubungsflächen auszubilden und anzuordnen sind, und es eröffnen sich ihm damit weitere Möglichkeiten zur Gaseinsparung bzw. noch besseren Trennung von Inertgas und Reaktivgas.

In Fig. 9 ist eine Querschnittsdarstellung einer erfindungsgemässen Anlage mit erfindungsgemässer Sputterquelle, die nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitet, dargestellt, wobei weitere, höchst bevorzugt eingesetzte Massnahmen daran beschrieben werden sollen, die selbstverständlich an allen bisher beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung bevorzugt auch realisiert werden.

Gemäss Fig. 9 ist in einer Behandlungskammer 30 einer erfindungsgemässen Anlage eine erfindungsgemässe Quelle 16 vorgesehen. Sie liegt einem schematisch dargestellten Werkstückträger 32 gegenüber. Sie kann ausgebildet sein nach einer der verschiedenen, anhand der Fig. 1 bis 8 dargestellten Varianten. Der der Gasauslassöffnung 10 des Spaltes 5 gegenüberliegende Spaltbereich ist verschlossen und trägt einen umlaufenden Anodenring 34. Im Spaltabschluss 36 ist ein Gasverteilteraum 38 vorgesehen, welcher beispielsweise mittels einer umlaufenden Ringleitung 40 von einer Gastankanordnung 42 gespiesen wird, welche vorzugsweise ein Inertgas, wie ein Edelgas, beispielsweise Ar, enthält.

Zusätzlich, und als in allen Varianten gemäss den Figuren 1 bis 8 dargestellten Ausführungsformen bevorzugte Variante, wird im Spalt 5 ein Magnetfeld H erzeugt. Es sind Permanent- und/oder Elektromagnetanordnungen 44 vorgesehen, die an mindestens einem, wie dargestellt an beiden, Zerstäubungsflächen 3a bzw.

3b weitaus bevorzugt tunnelförmig ein- und austretende H-Feldlinien erzeugen, wobei die Tunnelachsen, wie bei  $A_T$  in Fig. 9 dargestellt, entlang den umlaufenden, in sich geschlossenen Zerstäubungsflächen ebenfalls umlaufen und vorzugsweise auch in sich geschlossen sind.

In Fig. 10 ist eine andere Anordnung der Tunnel-Magnetfelder und mithin der Magnetanordnungen 44 dargestellt, woraus für den Fachmann ersichtlich ist, dass je nach Spaltausdehnung und angestrebter Wirkung die bevorzugt eingesetzten Tunnelfelder an den beiden Zerstäubungsflächen verschieden, wie beispielsweise in Fig. 10 dargestellt, örtlich gestaffelt realisiert werden können. Geeignet vor allem für ferromagnetische Targets sind auch homogene Felder von Target zu Target, welche z.B. durch Jochanordnungen gemäss Fig. 11 erreicht werden, oder Mischformen homogener und inhomogener Felder.

Das erfindungsgemässe Verfahren bzw. die Quelle bzw. Anlage hierfür sind insbesondere geeignet zum Sputterbeschichten von Werkstücken mit Materialien, die mindestens einen ferromagnetischen Anteil aufweisen oder mit dielektrischen Materialien. Mithin ist mindestens eine, vorzugsweise sind beide Zerstäubungsflächen und mithin die zugeordneten Targets vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Material oder aus einem dielektrischen Material gebildet, falls letzteres nicht reaktiv gebildet und abgelegt wird. Insbesondere für das Ablegen dielektrischer Schichten wird zusätzlich oder anstelle des Vorsehens dielektrischer Targets das Gas  $G_r$  oder mindestens eine Komponente dieses Gases durch ein Reaktivgas aus der Tankanordnung 43 gebildet sein, zusätzlich zum Inertgas G aus Tankanordnung 42. So kann beispielsweise und in der besonders bevorzugten Anwendung eine MgO-Schicht abgelegt werden, sei dies durch Sputtern von MgO-Targets, gegebenenfalls mit nachträglicher Nachoxydation in einem  $O_2$  enthaltenden Gas  $G_r$ , oder durch Sputtern aus metallischen Mg-Targets und Reaktion mit dem  $O_2$  enthaltenden Gas  $G_r$ . Insbesondere die Ausbildung der Quelle als Kreisquelle ermöglicht es, kreisförmige Substratscheiben sputterzubeschichten, wie beispielsweise Speicherscheiben aller bekannten Gattungen, wobei sich die Erfindung bei linearer Ausbildung insbesondere eignet für die Herstellung von PDP, sogenannter Plasma Display Panels.

Für den Betrieb einer erfindungsgemässen Quelle werden folgende Parameter angeraten:

Totaldruck im Beschichtungsraum B: 0,1 bis 10 mbar

Für reaktives Sputtern von Oxyden:

Partialdruck  $O_2$ : bis 10 % vom Totaldruck im Beschichtungsraum B mit Einlass von  $O_2$  ( $G_r$ ) in Raum B.

Austrittsströmung des Gases G aus der Öffnung 10

in den Behandlungsraum B:

Die Ar-Gasströmung G im Spalt wird im knudsen-schen oder viskosen Bereich realisiert. Dabei gilt

Knudsen-scher Bereich:

$$10^{-2} \text{ mbar cm} \leq p \cdot \Phi \leq 0,6 \text{ mbar} \cdot \text{cm}$$

Viskoser Bereich:

$$0,6 \text{ mbar cm} < p \cdot \Phi,$$

mit p als Totaldruck im Spalt und  $\Phi$  (siehe Fig. 9) als Spaltbreite.

Vorzugsweise wird die Gasströmung im knudsen-schen Bereich gewählt. Weiter gilt vorzugsweise:

$$10 \text{ sccm/cm}^2 \leq F \leq 200 \text{ sccm/cm}^2,$$

mit F als Arbeits- und gegebenenfalls Reaktivgasfluss pro Spaltöffnungs-Flächeneinheit,

$$\text{vorzugsweise } 20 \text{ sccm/cm}^2 \leq F \leq 50 \text{ sccm/cm}^2.$$

Spaltbreite bzw. Targetabstand  $\Phi$  (siehe Fig. 9):

$$5 \text{ mm} \leq \Phi \leq 40 \text{ mm},$$

vorzugsweise  $\Phi \leq 25 \text{ mm}$

vorzugsweise  $8 \text{ mm} \leq \Phi \leq 20 \text{ mm}$ .

Spalthöhe  $H_S$  (siehe Fig. 9):

$$1 \text{ cm} \leq H_S \leq 20 \text{ cm}.$$

Magnetfeld: Gemessen parallel zu den Zerstäu-bungsflächen in der Mitte des Spaltes 5:

$$150 \text{ Gauss} \leq H \leq 1200 \text{ Gauss},$$

vorzugsweise  $H \geq 300 \text{ Gauss}$ ,

vorzugsweise  $300 \text{ Gauss} \leq H \leq 800 \text{ Gauss}$ .

Eine erfindungsgemässe Anlage mit Rundquelle, aufgebaut im wesentlichen gemäss Fig. 9, weist fol-gende Dimensionierung auf und wurde wie folgt betrie-ben:

- Abstand Öffnungs-Ebene zu Substrat (D, Fig. 9): 40 mm
- gesamte Targetfläche:  $301,4 \text{ cm}^2$
- Spalthöhe  $H_S$ : 40 mm
- Spaltbreite  $\phi$ : 30 mm

- Austrittsfläche 10:  $113 \text{ cm}^2$

- mittlerer Spaltdurchmesser: 120 mm

- Spaltlänge: 377 mm

- Argon-Fluss: 2825 sccm

- Druck im Beschichtungsraum B: 0,6 mbar

- Leistung: 9 kW

- Leistung pro Targetflächeneinheit:  $29,9 \text{ W/cm}^2$

- Argonfluss pro Austrittsflächeneinheit:  $25 \text{ sccm/cm}^2$

- Feldstärke H, parallel zu Zerstäubungsfläche, am Target: 300 Gauss

Resultat:

Al-Beschichtungsrate:  $22 \text{ Å kWs}$

Fe-Beschichtungsrate:  $16 \text{ Å kWs}$

MgO-Beschichtungsrate (Mg-Target

mit  $\text{O}_2$ -Anteil in B ca. 2 %):  $18 \text{ Å kWs}$

Durch die Erhöhung des Gasflusses kann die Beschichtungsrate um einen Faktor von 2 bis 3 weiter erhöht werden.

In Fig. 12 ist die Abhängigkeit der Entladungslei-stung P von der DC-Brennspannung U dargestellt.

(a) stellt den Verlauf an einem Al-Schlitztarget gemäss oben erwähntem Artikel H. Koch et al. dar mit folgender Schlitzdimension (s. Fig. 12):

Schlitzlänge L: 10 cm

Schlitzbreite  $\Phi_S$ : 30 mm

Schlitzhöhe  $H_{Sa}$ : 40 mm

Ar-Fluss:

Gasfluss in Beschichtungsraum pro Schlitzflächeneinheit:  $33 \text{ sccm/cm}^2$   
Totaldruck im Beschichtungsraum B: 0,6 mbar

(b): Betrieb und Dimensionierung der erfindungs-gemässen Anlage, wie oben spezifiziert, aber ohne Magnetfeld H und mit einem Argon-Fluss G pro Öff-nungsflächeneinheit von  $35 \text{ sccm/cm}^2$ .

- (c) an die wie unter (b) betriebene Anlage wurde anschliessend im Spalt 10 an jedem Target je ein

einziges tunnelförmiges Magnetfeld erstellt, welches in Targetmitte, wo das Feld parallel zum Target läuft und an der Targetoberfläche gemessen eine Magnetfeldstärke von 300 Gauss ergab.

Wie sich aus Fig. 11 ergibt, nimmt die für eine geforderte Leistung notwendige Brennspannung, ausgehend vom vorbekannten Schlitztarget (a), über eine erfindungsgemässe Anordnung nach (b) ohne Magnetfeld und schliesslich nach (c) mit Magnetfeld drastisch ab. Dies zeigt die überraschend hohe Wirkung des In-sich-Schliessens der jeweiligen Zerstäubungsflächen. Im weiteren ist ersichtlich, wie sich beim Magnetfeldsputtern gemäss (c) die Kennlinie asymptotisch einem Grenzwert nähert, was für eine Magnetronkennlinie typisch ist, während sie gemäss (a) und (b) exponentiell zunehmen, was für Kathodensputtern ohne Magnetronfeld typisch ist. Tiefe Brennspannungen sind für hochqualitative dielektrische Schichten, wie für MgO, wie erwähnt, wesentlich.

Für die Erzeugung des Gasstrahles G ist es notwendig, bei für kathodisches Sputtern unüblich hohen Drücken zu arbeiten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Sputterbeschichten von Werkstücken (12), bei dem zwei sich gegenüberliegende Zerstäubungsflächen (3a, 3b) gegeneinander zerstäubt werden und zwischen den Zerstäubungsflächen eine Gasströmung (G) erstellt und gegen mindestens ein Werkstück (12) gerichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen je in sich geschlossen werden und die Gasströmung (G) durch einen in sich geschlossenen Spalt (15) im wesentlichen der zu Schnittebenen (E) erzeugt wird, in denen der Spalt in sich geschlossen erscheint.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die Zerstäubungsflächen (3a, 3b) je als Zerstäubungsflächen getrennter Targets (6a, 6b) ausbildet.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man als Gasanteil ein Edelgas, wie Ar, zur Erstellung der Strömung (G) einsetzt, und für Reaktivsputtern das Reaktivgas ( $G_r$ ) vorzugsweise in den Werkstückbereich einlässt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man an mindestens einer der Zerstäubungsflächen ein Metall oder eine Metallverbindung zerstäubt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man die Beschichtung mit einem Material mit mindestens einer ferro-

magnetischen Komponente oder mit einem dielektrischen Material vornimmt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man die Beschichtung mit MgO oder ITO vornimmt, durch reaktives Sputtern metallischer Zerstäubungsflächen (3a, 3b) oder durch gegebenenfalls zusätzlich reaktives Sputtern oxydischer Zerstäubungsflächen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man von den Zerstäubungsflächen (3a, 3b) gleiche oder verschiedene Materialien sputtert.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass man im Spalt (5) ein Magnetfeld (H) erzeugt, vorzugsweise gebildet durch ein Feld an mindestens einer der Zerstäubungsflächen (3a, 3b) mit einem tunnelförmigen Feldlinienverlauf mit Tunnelachse ( $A_T$ ) quer zur Gasströmungsrichtung (G), vorzugsweise mit je einem solchen Feld an jeder der Zerstäubungsflächen, wobei vorzugsweise der Feldlinientunnel über dem Target eine geschlossene Schleife bildet.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass man im Betrieb das Magnetfeld (H) im Spalt (5) verschiebt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man das oder die Targets (6a, 6b) mit den Zerstäubungsflächen (3a, 3b) mit DC oder mit DC und überlagertem AC betreibt, vorzugsweise zwei getrennt vorgesehene Targets mit DC.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass man das mindestens ein Werkstück (13) potential-schwebend oder auf einem Biaspotential betreibt, dabei vorzugsweise auf einem DC-Biaspotential oder einem Biaspotential aus überlagertem DC und AC.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass man zwischen dem Spalt (5) und dem mindestens einen Werkstück (12) eine Druckstufe (10b) für die Strömung (G) erstellt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass man die Strömung im knudsenschen oder im viskosen Bereich im Spalt (5) realisiert, vorzugsweise im knudsenschen Bereich.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass man die Zerstäubungsflächen (3a, 3b) äquidistant oder mit sich

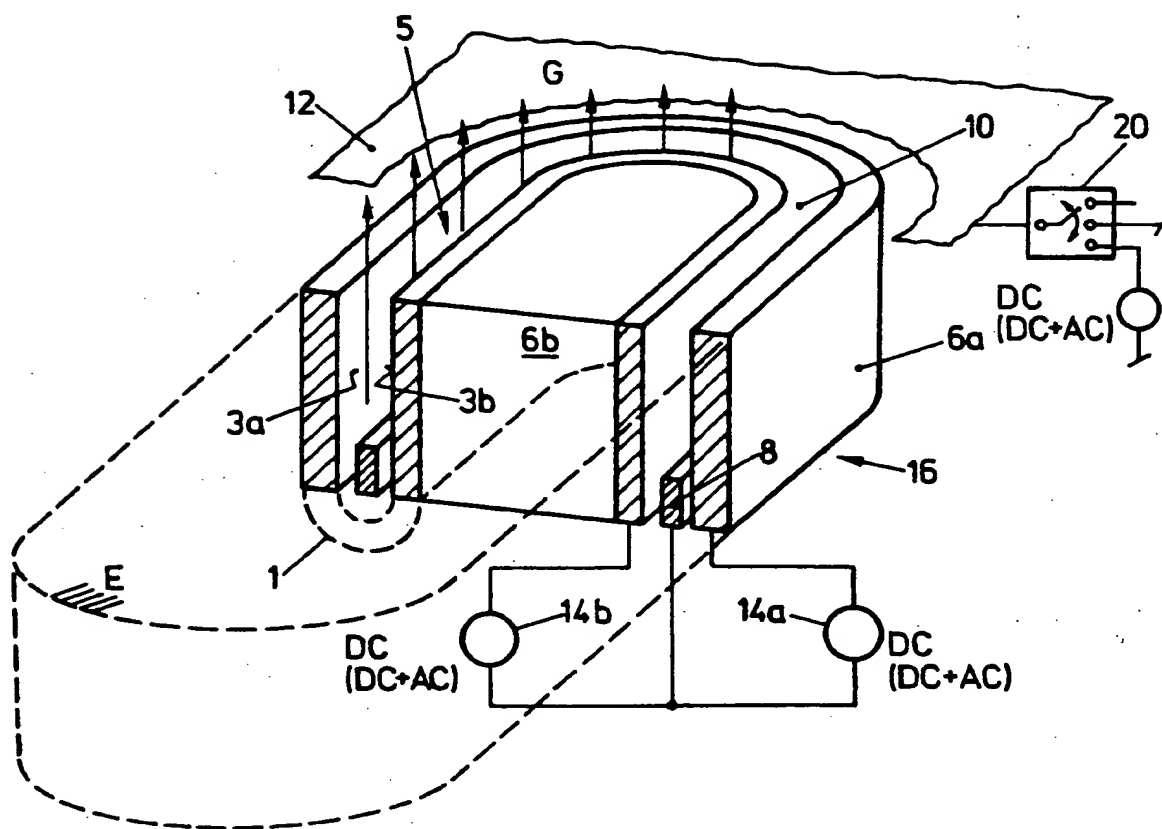
gegen das Werkstück (12) hin verjüngendem Abstand anordnet.

15. Sputterbeschichtungsquelle mit zwei sich gegenüberliegenden Zerstäubungsflächen (3a, 3b), einer zwischen den Zerstäubungsflächen vorgesehenen Anodenanordnung (8) und einer in einem zwischen den Zerstäubungsflächen definierten Spalt (5) wirkenden Gasauslassanordnung (36), dadurch gekennzeichnet, dass die Zerstäubungsflächen (3a, 3b) je in sich geschlossene Flächen bilden, der Spalt (5) ein sich geschlossener, mindestens einseitig offener Spalt ist und die Gasauslassanordnung der Spaltöffnung (10) gegenüberliegend angeordnet ist. 5 10 15
16. Quelle nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zerstäubungsflächen je durch ein Target (6a, 6b) gebildet sind und diese gemeinsam oder vorzugsweise getrennt mit Anschlüssen für Speisequellen (14a - 14c) versehen sind. 20
17. Quelle nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Zerstäubungsflächen eine Metallfläche ist oder eine Metallverbindungsfläche, vorzugsweise eine Mg- bzw. MgO-Fläche oder eine In-Sn- bzw. ITO-Fläche und dass weiter bevorzugterweise beide Zerstäubungsflächen aus gleichem Material bestehen. 25 30
18. Quelle nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Zerstäubungsflächen, vorzugsweise beide, aus ferromagnetischem Material, wie z.B. aus Fe, besteht. 35
19. Quelle nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Permanent- und/oder Elektromagnetanordnung (44) vorgesehen ist, welche im Spalt (5) ein Magnetfeld (H) erzeugt. 40
20. Quelle nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetanordnung (44) über mindestens einer der Zerstäubungsflächen, vorzugsweise über beiden, ein Tunnelfeld erzeugt mit einer entlang der Spaltöffnung (10) verlaufenden Tunnelachse ( $A_T$ ). 45 50
21. Quelle nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetanordnung (44) relativ zu mindestens einer der Zerstäubungsflächen (3a, 3b) verschiebbliche Magnete umfasst. 55
22. Quelle nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (5) einseitig geschlossen (36) ist und in diesem Bereich die

Anodenanordnung (34) vorgesehen ist.

23. Quelle nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltöffnung (10) durch eine in sich geschlossene, umlaufende Schlitzblende (10b) gebildet ist.
24. Sputterbeschichtungsanlage mit mindestens einer Quelle nach einem der Ansprüche 15 bis 23 in einer Vakuumkammer, dadurch gekennzeichnet, dass das oder die die Zerstäubungsflächen bildenden Targets (6a, 6b) mit einem DC-Generator (14a - 14c) oder mit einem Generator zur Abgabe von DC und überlagertem AC, insbesondere gepulstem DC, verbunden sind, vorzugsweise zwei die Sputterflächen definierende Targets je mit einem gleichartigen Generator.
25. Anlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Gasauslassanordnung in die Vakuumkammer mit einem Reaktivgasvorrat (43), vorzugsweise mit  $O_2$ , verbunden ist.
26. Verwendung des Verfahrens bzw. der Quelle bzw. der Anlage für die Beschichtung mindestens eines Werkstückes mit einem ein ferromagnetisches Material enthaltenden Material oder mit einem dielektrischen Material.
27. Verwendung des Verfahrens bzw. der Quelle bzw. der Anlage für die Beschichtung mindestens eines Werkstückes mit einer MgO- oder ITO-Schicht.
28. Verwendung des Verfahrens bzw. der Quelle bzw. der Anlage für die Beschichtung von Plasma Display Panels.





**FIG.1**

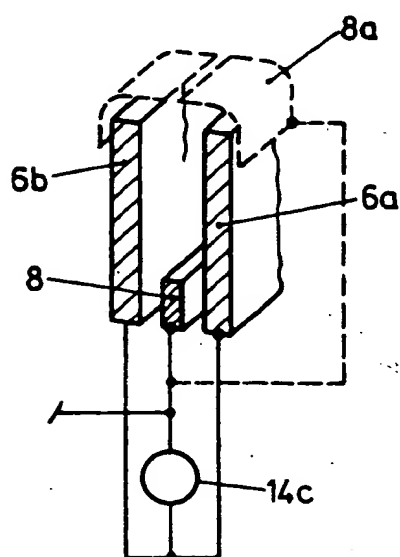


FIG. 2

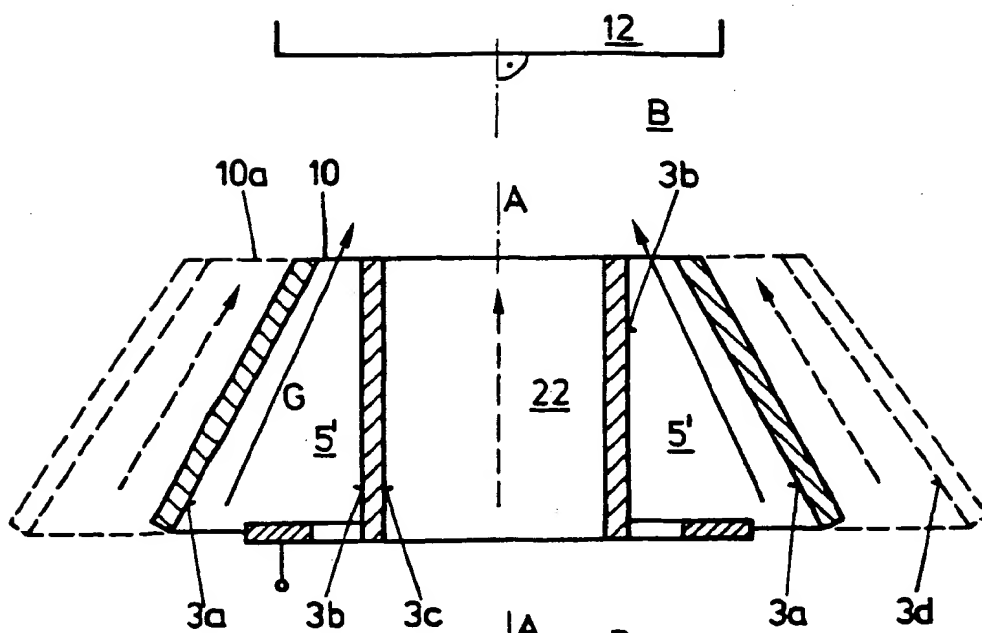


FIG. 3

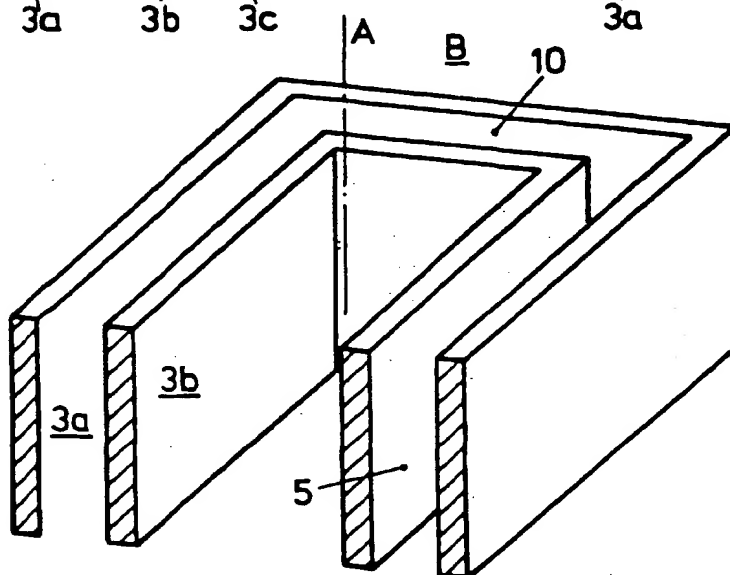


FIG. 4

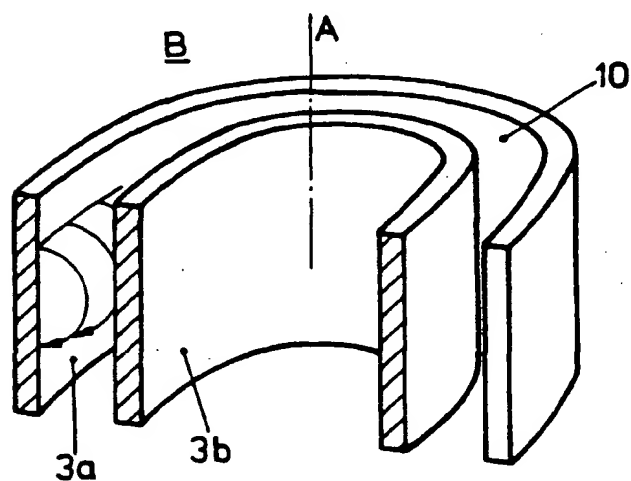


FIG. 5

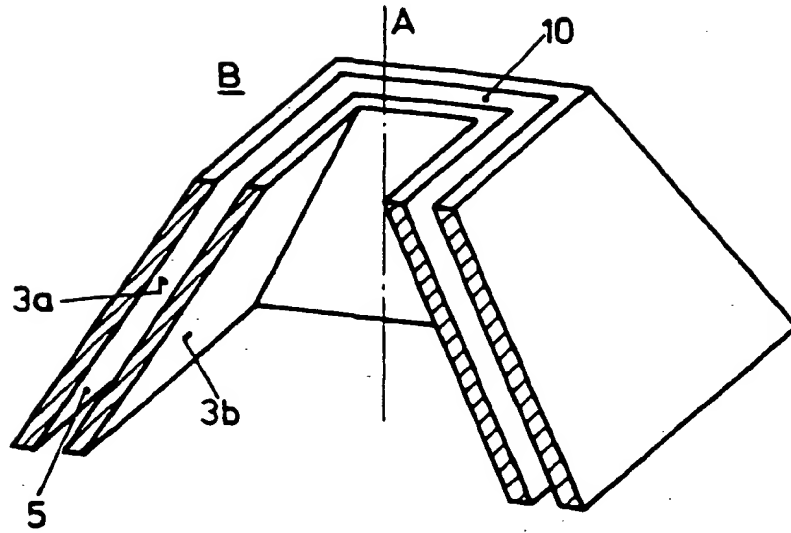


FIG. 6

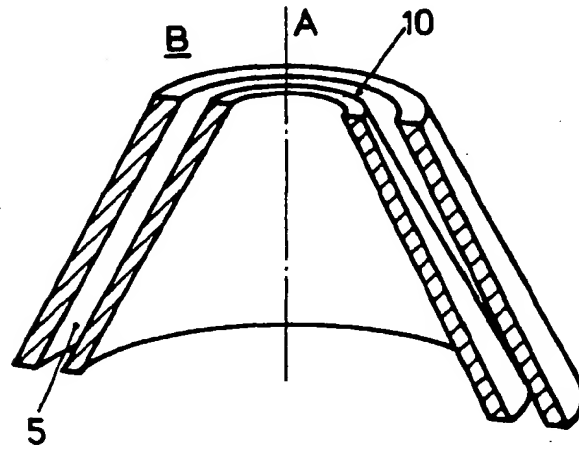


FIG. 7

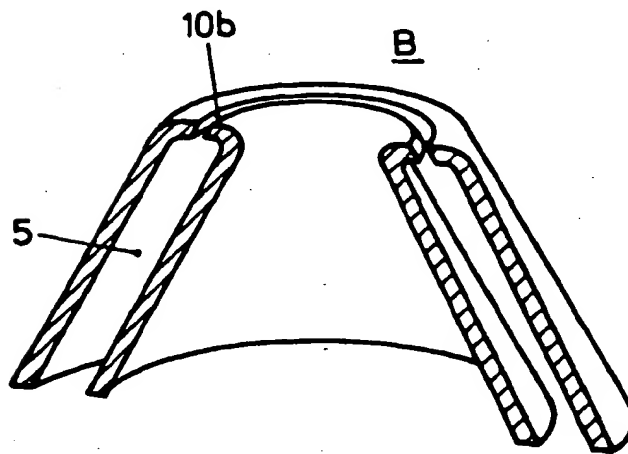


FIG. 8

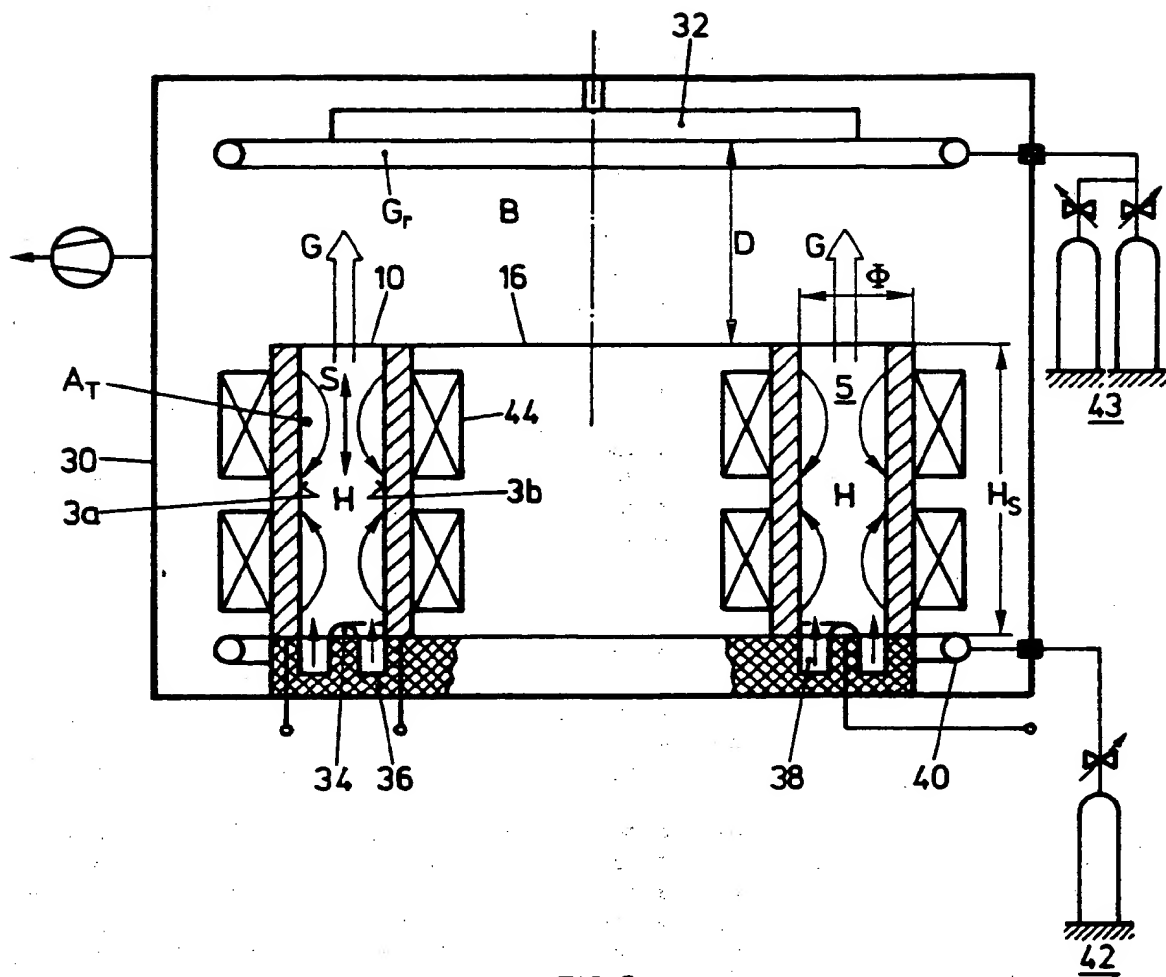


FIG. 9

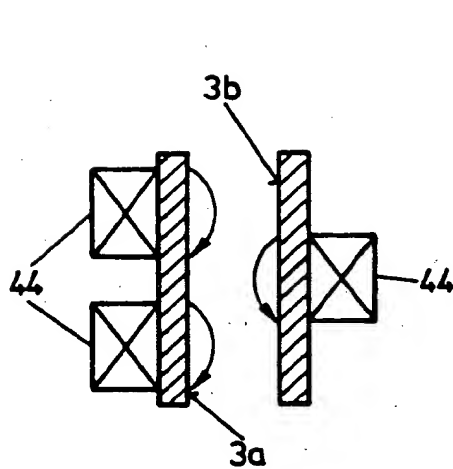


FIG. 10

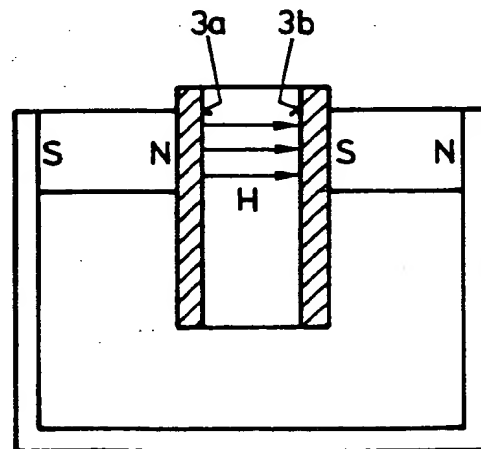


FIG. 11

Entladespannung U / Leistungsdichte P in Abhängigkeit vom Ar-flow

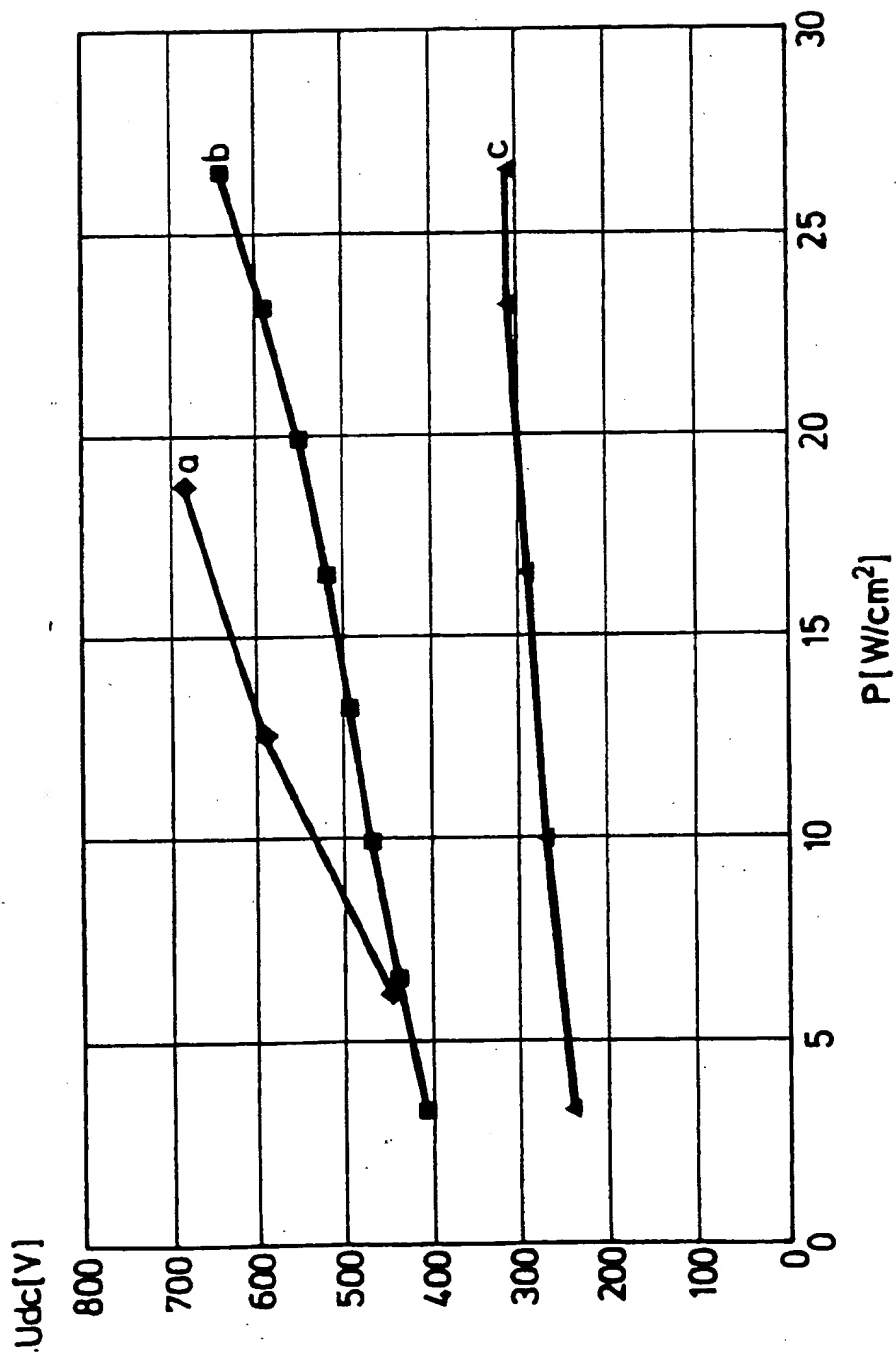


FIG.12

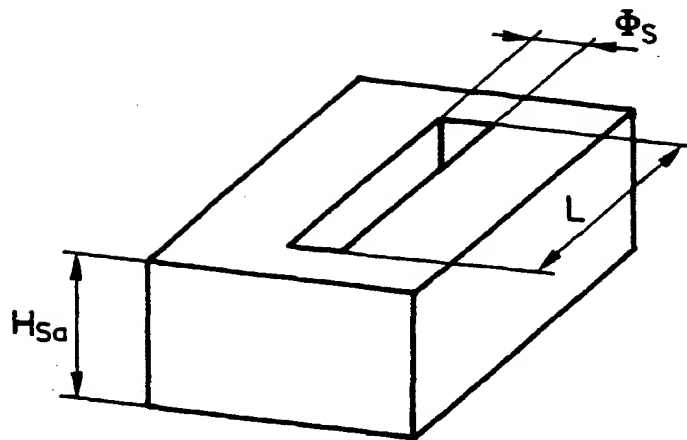


FIG.13



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 2040

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US 3 922 214 A (VAN CAKENBERGHE JEAN L) 25.November 1975  * Spalte 3, Zeile 8 - Spalte 4, Zeile 35 *	1-4, 7-11,13, 14,26	C23C14/00 C23C14/34 H01J37/34
A	DE 44 22 472 A (DRESDEN VAKUUMTECH GMBH ;FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)) 11.Januar 1996  ---	1-28	
A,D	US 4 094 764 A (BOUCHER BERNARD ET AL) 13.Juni 1978 * Anspruch 1 *	1-28	
A	US 3 830 721 A (KOZLOWSKI J ET AL) 20.August 1974 * Spalte 2, Zeile 25 - Spalte 3, Zeile 4 *	1-28	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 436 (C-0882), 7.November 1991 & JP 03 183760 A (TOYOBO CO LTD), 9.August 1991, * Zusammenfassung *	6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 451 (P-791), 28.November 1988 & JP 63 174120 A (FUJITSU LTD), 18.Juli 1988, * Zusammenfassung *	28	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abchlußdatum der Recherche <b>27.August 1997</b>	Prüfer <b>Ekhult, H</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 (01.01.1994) (P4/CEN)

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**